

ADAMS & WILKS

ATTORNEYS AND COUNSELORS AT LAW

50 BROADWAY

31st FLOOR

NEW YORK, NEW YORK 10004

BRUCE L. ADAMS
VAN C. WILKS

JOHN R. BENEFIELD
PAUL R. HOFFMAN
TAKESHI NISHIDA
FRANCO S. DE LIGUORI

• NOT ADMITTED IN NEW YORK
• REGISTERED PATENT AGENT

RIGGS T. STEWART
(1924-1993)

TELEPHONE
(212) 809-3700

FACSIMILE
(212) 809-3704



COMMISSIONER FOR PATENTS
Washington, DC 20231

Re: Patent Application of Manabu OUMI et al.
Serial No. 09/997,484 Filing Date: November 21, 2001
Examiner: David N. Spector Group Art Unit: 2873
Docket No. S004-4470

S I R:

The above-identified application was filed claiming the right of priority based on the following foreign application(s).

- | | |
|---|-------------------------|
| 1. Japanese Patent Appln. No. 2000-355972 | filed November 22, 2000 |
| 2. Japanese Patent Appln. No. 2000-367560 | filed December 1, 2000 |
| 3. Japanese Patent Appln. No. 2000-373307 | filed December 7, 2000 |
| 4. Japanese Patent Appln. No. 2000-377253 | filed December 12, 2000 |
| 5. Japanese Patent Appln. No. 2000-377254 | filed December 12, 2000 |
| 6. Japanese Patent Appln. No. | filed |
| 7. Japanese Patent Appln. No. | filed |
| 8. Japanese Patent Appln. No. | filed |
| 9. Japanese Patent Appln. No. | filed |
| 10. Japanese Patent Appln. No. | filed |
| 11. Japanese Patent Appln. No. | filed |

Certified copy(s) are annexed hereto and it is requested that these document(s) be placed in the file and made of record.

MAILING CERTIFICATE

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as first-class mail in an envelope addressed to: COMMISSIONER OF PATENTS & TRADEMARKS, Washington, DC 20231, on the date indicated below.

Kelly Eric Bowman

Name


Signature

November 5, 2004

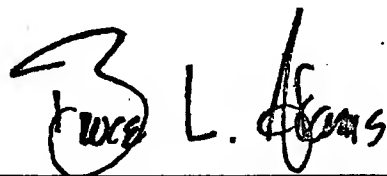
Date

BLA:
Enclosures

Respectfully submitted,

ADAMS & WILKS
Attorneys for Applicant(s)

By:


Bruce L. Adams
Reg. No. 25,386

PART B - FEE(S) TRANSMITTAL
PAGE 2

ADDITIONAL ATTACHMENTS

TRANSMITTAL LETTER (WITH MAILING CERTIFICATE) and CERTIFIED COPY OF JAPANESE PATENT APPLICATION
NUMBERS 2000-355972, 2000-367560, 2000-373307, 2000-377253, 2000-377254.

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2000年11月22日

出願番号

Application Number:

特願2000-355972

出願人

Applicant(s):

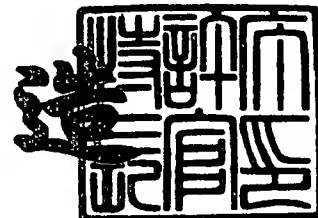
セイコーインスツルメンツ株式会社

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2001年 8月10日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3071241

【書類名】 特許願

【整理番号】 00000579

【提出日】 平成12年11月22日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G02B 6/00
G11B 7/135

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 株式会社エスアイアイ・アールディセンター内

【氏名】 大海 学

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 株式会社エスアイアイ・アールディセンター内

【氏名】 加藤 健二

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 株式会社エスアイアイ・アールディセンター内

【氏名】 光岡 靖幸

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 株式会社エスアイアイ・アールディセンター内

【氏名】 新輪 隆

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 株式会社エスアイアイ・アールディセンター内

【氏名】 笠間 宣行

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 株式会社エスアイアイ・アールディセンター内

【氏名】 市原 進

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 株式会社エスアイアイ・アールディセンター内

【氏名】 前田 英孝

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 株式会社エスアイアイ・アールディセンター内

【氏名】 篠原 陽子

【特許出願人】

【識別番号】 000002325

【氏名又は名称】 セイコーインスツルメンツ株式会社

【代表者】 服部 純一

【代理人】

【識別番号】 100096286

【弁理士】

【氏名又は名称】 林 敬之助

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008246

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9003012

【プルーフの要否】 不要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光学的な開口の作製方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 錐状のチップ先端に光学的な開口を形成する光学的な開口の作製方法において、

前記チップと、

前記チップの近傍に配置され、前記チップと略同じ高さを有するストッパーと

少なくとも前記チップ上に形成された遮光膜からなる被開口形成体に対して、

少なくとも前記チップおよび前記ストッパーの少なくとも一部を覆い、

前記遮光膜の材質よりも硬い材質から成る押し込み体を、

前記チップに向かう成分を有する力によって変位させることによって、前記チップ先端に光学的な開口を形成することを特徴とする光学的な開口の作製方法。

【請求項 2】 前記押し込み体が前記チップの材質よりも柔らかい材質から成ることを特徴とする請求項 1 に記載の光学的な開口の作製方法。

【請求項 3】 前記押し込み体が、前記チップおよび前記ストッパーに接触する部分が略平面であることを特徴とする請求項 1 あるいは 2 に記載の光学的な開口の作製方法。

【請求項 4】 前記押し込み体のうち前記チップ先端の略上方に当たる部分に、前記力が作用するように、前記力を作用させる位置を調整する方法を含むことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の光学的な開口の作製方法。

【請求項 5】 前記力を作用させる位置を調整する方法が、前記押し込み体に設けられた位置合わせマークを利用するものであることを特徴とする請求項 4 に記載の光学的な開口の作製方法。

【請求項 6】 前記押し込み体が、光学的に透明な材質から成ることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれかに記載の光学的な開口の作製方法。

【請求項 7】 前記押し込み体が多数あり、柔軟な構造体によって互いに接続されていることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれかに記載の光学的な開口の作製方法。

【請求項 8】 前記押し込み体のうち、前記チップに対向する面に突起が形成されていることを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれかに記載の光学的な開口の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、光学的な開口の作製方法に関するものである。特に近視野光を照射・検出する近視野光デバイスに用いる開口の作製方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

試料表面においてナノメートルオーダーの微小な領域を観察するために走査型トンネル顕微鏡（STM）や原子間力顕微鏡（AFM）に代表される走査型プローブ顕微鏡（SPM）が用いられている。SPMは、先端が先鋭化されたプローブを試料表面に走査させ、プローブと試料表面との間に生じるトンネル電流や原子間力などの相互作用を観察対象として、プローブ先端形状に依存した分解能の像を得ることができるが、比較的、観察する試料に対する制約が厳しい。

【0003】

そこでいま、試料表面に生成される近視野光とプローブとの間に生じる相互作用を観察対象とすることで、試料表面の微小な領域の観察を可能にした近視野光学顕微鏡（SNOM）が注目されている。

【0004】

近視野光学顕微鏡においては、先鋭化された光ファイバーの先端に設けられた開口から近視野光を試料の表面に照射する。開口は、光ファイバーに導入される光の波長の回折限界以下の大きさを有しており、たとえば、100nm程度の直径である。プローブ先端に形成された開口と試料間の距離は、SPMの技術によって制御され、その値は開口の大きさ以下である。このとき、試料上での近視野光のスポット径は、開口の大きさとほぼ同じである。したがって、試料表面に照射する近視野光を走査することで、微小領域における試料の光学物性の観測を可能としている。

【0005】

顕微鏡としての利用だけでなく、光ファイバースローブを通して試料に向けて比較的強度の大きな光を導入させることにより、光ファイバースローブの開口にエネルギー密度の高い近視野光を生成し、その近視野光によって試料表面の構造または物性を局所的に変更させる高密度な光メモリ記録としての応用も可能である。強度の大きな近視野光を得るために、プローブ先端の先端角を大きくすることが試みられている。

【0006】

これら近視野光を利用したデバイスにおいて、開口の形成が最も重要である。開口の作製方法の一つとして、特公平5-21201に開示されている方法が知られている。特公平5-21201の開口作製方法は、開口を形成するための試料として、先鋭化した光波ガイドに遮光膜を堆積したものをを用いている。開口の作製方法は、遮光膜付きの先鋭化した光波ガイドを圧電アクチュエータによって良好に制御された非常に小さな押しつけ量で硬い平板に押しつけることによって、先端の遮光膜を塑性変形させている。

【0007】

また、開口の形成方法として、特開平11-265520に開示されている方法がある。特開平11-265520の開口の作製方法において、開口を形成する対象は、平板上に集束イオンビーム(FIB)によって形成された突起先端である。開口の形成方法は、突起先端の遮光膜に、側面からFIBを照射し、突起先端の遮光膜を除去することによって行っている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、特公平5-21201の方法によれば、光波ガイド一本ずつしか開口を形成する事ができない。また、特公平5-21201の方法によれば、移動分解能が数nmの圧電アクチュエータによって押し込み量を制御する必要があるため、開口形成装置をその他の装置や空気などの振動による影響が少ない環境におかなくてはならない。また、光伝搬体ロッドが平板に対して垂直に当たるように調整する時間がかかってしまう。また、移動量の小さな圧電アクチュエー

タの他に、移動量の大きな機械的並進台が必要となる。さらに、移動分解能が小さな圧電アクチュエータをもちいて、押し込み量を制御するさいに、制御装置が必要であり、かつ、制御して開口を形成するためには数分の時間がかかる。したがって、開口作製のために、高電圧電源やフィードバック回路などの大がかりな装置が必要となる。また、開口形成にかかるコストが高くなる問題があった。

【 0 0 0 9 】

また、特開平 1 1 - 2 6 5 5 2 0 の方法によれば、加工対象は平板上の突起であるが、F I B を用いて開口を形成しているため、一つの開口の形成にかかる時間が 1 0 分程度と長い。また、F I B を用いるために、試料を真空中におかなければならない。従って、開口作製にかかる作製コストが高くなる問題があった。

【 0 0 1 0 】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記の問題に鑑みてなされたものであり、
 錐状のチップ先端に光学的な開口を形成する光学的な開口の作製方法において、
 前記チップと、
 前記チップの近傍に配置され、前記チップと略同じ高さを有するストッパーと
 、
 少なくとも前記チップ上に形成された遮光膜からなる被開口形成体に対して、
 少なくとも前記チップおよび前記ストッパーの少なくとも一部を覆い、
 前記遮光膜の材質よりも硬い材質から成る押し込み体を、
 前記チップに向かう成分を有する力によって変位させることによって、前記チップ先端に光学的な開口を形成することを特徴とする光学的な開口の作製方法とした。

【 0 0 1 1 】

したがって、本発明の光学的な開口の作製方法によれば、前記チップと略同じ高さを有するストッパーによって、前記平面の変位が制御されるため、所定の力で平面を押すだけで簡単に光学的な開口を作製する事ができる。また、真空中、液中、大気中など様々な環境下で開口を作製することができる。また、光学的な開口を作製する際に特別な制御装置を必要としないため、光学的な開口を作製す

るための装置を単純化する事ができる。また、所定の力を与える時間を非常に短くすることが容易であり、開口作製にかかる時間を短くすることができるため、開口作製にかかるコストを低くすることができる。

【 0 0 1 2 】

また、前記押し込み体が前記チップの材質よりも柔らかい材質から成ることを特徴とする光学的な開口の作製方法とした。

【 0 0 1 3 】

したがって、前記押し込み体が前記遮光膜を除去するときに前記チップ先端は変形せず、結果として開口内にチップ先端が突出した構造の開口を作製することができる。

【 0 0 1 4 】

また、前記押し込み体が、前記チップおよび前記ストッパーに接触する部分が略平面であることを特徴とする光学的な開口の作製方法とした。

【 0 0 1 5 】

したがって、前記押し込み量がチップ高さとストッパー高さの差にのみ依存して決まるため、一定のサイズの開口を安定して作製することができる。

【 0 0 1 6 】

また、前記押し込み体のうち前記チップ先端の略上方に当たる部分に、前記力が作用するように、前記力を作用させる位置を調整する方法を含むことを特徴とする光学的な開口の作製方法とした。

【 0 0 1 7 】

したがって、常にチップ先端に制御されて力が作用するため、所望のサイズの光学的な開口を安定して作製することができる。

【 0 0 1 8 】

また、前記力を作用させる位置を調整する方法が、前記押し込み体に設けられた位置合わせマークを利用するものであることを特徴とする光学的な開口の作製方法とした。

【 0 0 1 9 】

したがって、力を作用させる位置を簡単に決めることができ、光学的な開口の

作製が低コストで行える。

【0020】

また、前記押し込み体が、光学的に透明な材質から成ることを特徴とする光学的な開口の作製方法とした。

【0021】

したがって、押し込み体に力を加えるときに、押し込み体の下方にあるチップの位置を確認することができ、常にチップ先端に同一の力が作用するために、一定サイズの開口を安定して作製することができる。

【0022】

また、前記押し込み体が多数あり、柔軟な構造体によって互いに接続されていることを特徴とする光学的な開口の作製方法とした。

【0023】

したがって、チップが形成されている基板がたわんでいても、押し込み体がチップとストッパーに密着した姿勢で力を加えられることができ、一定サイズの開口を安定して作製することができる。

【0024】

また、前記押し込み体のうち、前記チップに対向する面に突起が形成されていることを特徴とする光学的な開口の作製方法とした。

【0025】

したがって、前記チップと前記ストッパーの高さに大きな差が有る場合でも、チップに押し込み体が接触することができ、安定したサイズおよび形状の光学的開口を作製することができる。さらに、基板上の単位面積あたりに集積度を高くしてチップとストッパーを形成した場合でも、押し込み体の突起がチップ先端に接触することができる。

【0026】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の開口の形成方法について、添付の図面を参照して詳細に説明する。

（実施の形態1）

図 1 から図 3 は、本発明の実施の形態 1 に係る開口の形成方法について説明した図である。図 1 に示す、ワーク 1 0 0 0 は、基板 4 上に形成された透明層 5、透明層 5 の上に形成された錘状のチップ 1 および尾根状のストッパー 2、チップ 1、ストッパー 2 および透明層 5 の上に形成された遮光膜 3 からなる。なお、ワーク 1 0 0 0 において、透明層 5 は、必ずしも必要ではなく、その場合、遮光膜 3 は、チップ 1、ストッパー 2 および基板 4 上に形成される。また、遮光膜 3 は、チップ 1 にだけ堆積されていてもよい。

【 0 0 2 7 】

チップ 1 の高さ H_1 は、数 mm 以下であり、ストッパー 2 の高さ H_2 は、数 mm 以下である。高さ H_1 と高さ H_2 の差は、1 0 0 0 nm 以下である。チップ 1 とストッパー 2 の間隔は、数 mm 以下である。また、遮光膜 3 の厚さは、遮光膜 3 の材質によって異なるが、数 1 0 nm から数 1 0 0 nm である。

【 0 0 2 8 】

チップ 1、ストッパー 2 および透明層 5 は、二酸化ケイ素やダイヤモンドなどの可視光領域において透過率の高い誘電体や、ジंकセレンやシリコンなどの赤外光領域において透過率の高い誘電体や、フッ化マグネシウムやフッ化カルシウムなどの紫外光領域において透過率の高い材料を用いる。また、チップ 1 の材料は、開口を通過する光の波長帯において少しでもチップ 1 を透過する材料であれば用いることができる。また、チップ 1、ストッパー 2 および透明層 5 は、同一の材料で構成されても良いし、別々の材料で構成されても良い。遮光膜 3 は、たとえば、アルミニウム、クロム、金、白金、銀、銅、チタン、タングステン、ニッケル、コバルトなどの金属や、それらの合金を用いる。

【 0 0 2 9 】

図 2 は、開口を形成する方法において、チップ 1 上の遮光膜 3 を塑性変形させている状態を示した図である。図 1 で示したワーク 1 0 0 0 の上に、チップ 1 および少なくともストッパー 2 の一部を覆い、かつ、少なくともチップ 1 およびストッパー 2 側が平面である板 6 を載せ、さらに板 6 の上には、押し込み用具 7 を載せる。このとき、板 6 は透明なガラスを用いた。板 6 を載せた後でも顕微鏡あるいは目視によってチップ 1 の位置を確認することができる。本実施の形態にお

いては顕微鏡によって2方向からチップ1と押し込み用具7の位置を確認し、押し込み用具7がチップ1の真上に配置されるようにした。押し込み用具7にチップ1の中心軸方向に力Fを加えることによって、板6がチップ1に向かって移動する。チップ1と板6との接触面積に比べて、ストッパー2と板6との接触面積は、数百～数万倍も大きい。したがって、与えられた力Fは、ストッパー2によって分散され、結果として板6の変位量は小さくなる。板6の変位量が小さいため、遮光膜3が受ける塑性変形量は非常に小さい。また、チップ1およびストッパー2は、非常に小さな弾性変形を受けるのみである。力Fの加え方は、所定の重さのおもりを所定の距離だけ持ち上げて、自由落下させる方法や、所定のバネ定数のバネを押し込み用具7に取り付け、所定の距離だけバネを押し込む方法などがある。板6が、遮光膜よりも硬く、チップ1およびストッパー2よりも柔らかい材料である場合、チップ1およびストッパー2が受ける力は、板6によって吸収されるため、板6の変位量がより小さくなり、遮光膜3の塑性変形量を小さくすることが容易となる。

【 0 0 3 0 】

図3は、力Fを加えた後に、板6および押し込み用具7を取り除いた状態を示した図である。遮光膜3の塑性変形量が非常に小さく、チップ1およびストッパー2が弾性変形領域でのみ変位しているため、チップ1の先端に開口8が形成される。開口8の大きさは、数nmからチップ1を通過する光の波長の回折限界程度の大きさである。なお、上記では、押し込み用具7とワーク1000の間に板6が挿入されていたが、板6を除去して直接押し込み用具7で押し込むことによっても同様に開口8を形成できる。開口8に光を導入するために、基板4をチップ1の形成面と反対側からエッチングすることによって透明体5またはチップ1の少なくとも一部を露出させて、開口8への光の導入口を形成する。また、基板4を透明材料103で構成することによって、光の導入口を形成する工程を省くことができる。

【 0 0 3 1 】

以上説明したように、本発明の開口作製方法によれば、ストッパー2によって板6の変位量を良好に制御することができ、かつ、板6の変位量を非常に小さく

できるため、大きさが均一で小さな開口 8 をチップ 1 先端に容易に作製することができる。また、基板側から光を照射して、開口 8 から近視野光を発生させることができる。

【 0 0 3 2 】

次に、ワーク 1 0 0 0 の製造方法を図 4 から図 6 を用いて説明する。図 4 は、基板材料 1 0 4 上に透明材料 1 0 3 を形成したのち、チップ用マスク 1 0 1 およびストッパー用マスク 1 0 2 を形成した状態を示している。図 4 (a) は上面図を示しており、図 4 (b) は、図 4 (a) の A - A ' で示す位置における断面図を示している。透明材料 1 0 3 は、気相化学堆積法 (C V D) やスピコートによって基板材料 1 0 4 上に形成する。また、透明材料 1 0 3 は、固相接合や接着などの方法によっても基板材料 1 0 4 上に形成することができる。次に、透明材料 1 0 3 上にフォトリソグラフィ工程によって、チップ用マスク 1 0 1 及びストッパー用マスク 1 0 2 を形成する。チップ用マスク 1 0 1 とストッパー用マスク 1 0 2 は、同時に形成しても良いし、別々に形成しても良い。

【 0 0 3 3 】

チップ用マスク 1 0 1 およびストッパー用マスク 1 0 2 は、透明材料 1 0 3 の材質と次工程で用いるエッチャントによるが、フォトレジストや窒化膜などを用いる。透明材料 1 0 3 は、二酸化ケイ素やダイヤモンドなどの可視光領域において透過率の高い誘電体や、ジंकセレンやシリコンなどの赤外光領域において透過率の高い誘電体や、フッ化マグネシウムやフッ化カルシウムなどの紫外光領域において透過率の高い材料を用いる。

【 0 0 3 4 】

チップ用マスク 1 0 1 の直径は、たとえば数 mm 以下である。ストッパー用マスク 1 0 2 の幅 W 1 は、たとえば、チップ用マスク 1 0 1 の直径と同じかそれよりも数 1 0 nm ~ 数 μ m だけ小さい。また、ストッパー用マスク 1 0 2 の幅 W 1 は、チップ用マスク 1 0 1 の直径よりも数 1 0 nm ~ 数 μ m だけ大きくてもよい。また、ストッパー用マスク 1 0 2 の長さは、数 1 0 μ m 以上である。

【 0 0 3 5 】

図 5 は、チップ 1 およびストッパー 2 を形成した状態を示している。図 5 (a

）は上面図であり、図 5（b）は、図 5（a）の A-A' で示す位置の断面図である。チップ用マスク 101 およびストッパー用マスク 102 を形成した後、ウェットエッチングによる等方性エッチングによってチップ 1 およびストッパー 2 を形成する。透明材料 103 の厚さとチップ 1 およびストッパー 2 の高さの関係を調整することによって、図 1 に示す透明層 5 が形成されたり、形成されなかったりする。チップ 1 の先端半径は、数 nm から数 100 nm である。この後、遮光膜をスパッタや真空蒸着などの方法で堆積する事によって、図 1 に示すワーク 1000 を形成する事ができる。また、遮光膜 3 をチップ 1 にだけ堆積する場合、遮光膜 3 の堆積工程において、チップ 1 上に遮光膜が堆積するような形状を有するメタルマスクを乗せてスパッタや真空蒸着などを行う。また、ワーク 1000 のチップが形成された面の全面に遮光膜 3 を堆積した後、チップ 1 にだけ遮光膜 3 が残るようなフォトリソグラフィ工程を用いても、チップ 1 上にだけ遮光膜 3 を形成する事ができる。

【 0 0 3 6 】

図 7 および図 8 は、上記で説明したワーク 1000 の作製方法におけるチップ 1 とストッパー 2 の高さの関係を説明する図である。なお、以下では、チップ用マスク 101 の直径が、ストッパー用マスク 102 の幅よりも小さい場合について説明する。図 7 は、図 5（a）で説明した工程において、チップ 1 とストッパー 2 だけを示した図であり、図 8 は、図 7 中 B-B' で示す位置のチップ 1 と、図 7 中 C-C' で示す位置のストッパー 2 の断面図である。

【 0 0 3 7 】

図 8（a）は、チップ 1 がちょうど形成された状態を示した図である。ストッパー用マスク 102 の幅は、チップ用マスク 101 の直径よりも大きいため、図 8（a）の状態では、ストッパー 2 の上面には、平らな部分が残る、この平らな部分上にストッパー用マスク 102 が残っている。しかしながら、チップ用マスク 101 は、チップ 1 との接触面積が非常に小さくなるため、はずれてしまう。図 8（a）の状態では、チップ 1 の高さ H11 とストッパー 2 の高さ H22 は、同じである。

【 0 0 3 8 】

図8 (b) は、図8 (a) の状態からさらにエッチングを進め、ストッパー 2 上面の平らな部分がちょうどなくなった状態を示している。図8 (a) の状態からさらにエッチングを行うと、チップ用マスク 101 が無いチップ 1 の高さ H_{111} は、徐々に低くなっていく。一方、ストッパー用マスクが残っているストッパー 2 の高さ H_{222} は、 H_{22} と同じままである。ストッパー 2 の上面の平らな部分の幅は、徐々に狭くなり、断面形状は図8 (b) に示すように、三角形になる。このときのチップ 1 とストッパー 2 の高さの差 ΔH は、チップ用マスク 101 の直径とストッパー用マスク 102 の幅の差、および、チップ 1 とストッパー 2 の先端角によって異なるが、おおよそ 1000 nm 以下程度である。

【0039】

図8 (c) は、図8 (b) の状態からさらにエッチングを進めた状態を示している。チップ 1 の高さ H_{1111} は、高さ H_{111} よりも低くなる。同様に、ストッパー H_{2222} の高さも、高さ H_{222} よりも小さくなる。しかし、高さ H_{1111} と高さ H_{2222} の減少量は、同じであるため、チップ 1 とストッパー 2 の高さの差 ΔH は、変化しない。なお、ストッパー用マスク 102 の幅が、チップ用マスク 101 よりも小さい場合は、チップ 1 とストッパー 2 の高さの関係が逆になるだけである。また、チップ用マスク 101 とストッパー用マスク 102 が等しい場合は、チップ 1 とストッパー 2 の高さが等しくなる。

【0040】

本発明のワーク 1000 の作製方法によれば、フォトリソグラフィ工程によってチップ 1 とストッパー 2 の高さの差 ΔH を良好に制御することができる。したがって、図1 から図3 で説明した開口作製方法において、板 6 の変位量を良好に制御することができる。

【0041】

以上説明したように、本発明の実施の形態 1 によれば、チップ 1 とストッパー 2 の高さを良好に制御することができ、かつ、ストッパー 2 を設けることによって板 6 の変位量を小さくすることができるため、分解能の高いアクチュエータを用いなくても、大きさが均一で微小な開口 8 をチップ 1 先端に形成する事が容易である。我々の実験では、手に持ったハンマーなどで、押し込み用具 7 を叩くだ

けで直径 1 0 0 nm 以下の開口 8 を形成する事ができた。また、チップ 1 とストッパー 2 の高さが良好に制御されるため、開口 8 の作製歩留まりが向上した。また、本発明の実施の形態 1 で説明したワーク 1 0 0 0 は、フォトリソグラフィ工程によって作製可能なため、ウエハなどの大きな面積を有する試料に、複数個作製することが可能であり、力 F を一定にすることによって複数個作製されたワーク 1 0 0 0 それぞれに対して均一な開口径の開口 8 を形成する事ができる。また、力 F の大きさを変えることが非常に簡単なため、複数個作製されたワーク 1 0 0 0 に対して個別に開口径の異なる開口 8 を形成する事が可能である。また、単純に力 F を加えるだけで開口 8 が形成されるため、開口作製にかかる時間は数秒から数 1 0 秒と非常に短い。また、本発明の実施の形態 1 によれば、加工雰囲気に関わらない。従って、大気中で加工する事が可能でありすぐに光学顕微鏡などで加工状態を観察できる。また、走査型電子顕微鏡中で加工することによって、光学顕微鏡よりも高い分解能で加工状態を観察することも可能である。また、液体中で加工することによって、液体がダンパーの役目をするため、より制御性の向上した加工条件が得られる。

【 0 0 4 2 】

また、ワーク 1 0 0 0 が複数個作製された試料に対して、一括で力 F を加えることによって、開口径のそろった開口 8 を一度に複数個作製する事も可能である。一括で加工する場合、ウエハ一枚あたりのワーク 1 0 0 0 の数にもよるが、開口 1 個あたりの加工時間は、数百ミリ秒以下と非常に短くなる。

（実施の形態 2）

図 9 に本発明の実施の形態 2 に係る方法で作製したチップ先端形状を示す。実施の形態 1 との違いは、板 6 の材質を、チップ 1 の材質と比較して硬いものにした場合と柔らかいものにした場合を実施した点であり、その他の工程については実施の形態 1 と同一であるので説明を略す。図 9（a）は板 6 の材質がチップ 1 の材質よりも硬い場合に作製されるチップ先端形状、図 9（b）は板 6 の材質がチップ 1 の材質よりも柔らかい場合に作製されるチップの先端形状である。（a）ではチップ先端が平坦になっていて、これを近視野光プローブとして近視野光顕微鏡あるいは近視野光データストレージ装置に利用した場合には、光学的開口

を試料表面あるいは記録媒体表面に非常に近接させることが可能である。これにより、より強い近視野光相互作用を起こさせることができ、高いS/N比あるいは高速データ転送が可能となる。また、試料表面あるいは記録媒体表面に導電性物質が存在している場合には、チップ1先端での遮光膜3の切れ目との相互作用が増強されることで、さらに強い近視野光相互作用となる。一方(b)の場合は、チップ先端に突出部11がある。近視野光は開口内に微小構造が存在するときにはその構造サイズに依存した解像度が得られるが、(b)のように突出部11があると、顕微鏡では解像度、データストレージ装置ではデータ記録密度の向上をもたらす。このように、板6の材質を変えることで、所望の形状のチップを簡単に作製することができる。

(実施の形態3)

図10と図11は本発明の実施の形態3に係る光学的な開口の作製方法を説明する図である。図10は多数のチップ1とストッパー2が配列して形成されたウェハの一部の上面図である。実施の形態1との違いは板6の代わりに図11に示す板12を用いて開口を作製する点であり、その他については同一であるので説明を略す。図11に示す板12は、図10に示すウェハとほぼ同じサイズである、ガラス板である。これにはあらかじめ、位置決め線13が印刷されており、縦横線の交点が図10のチップ1の先端の真上に配置される。この板12をウェハの上に載せ、押し込み用具(図示略)を位置決め線13の交点の上に載せて上から衝撃を与えることで、チップ1の先端に光学的開口を作製する。

【0043】

これにより、押し込み用具の位置合わせが容易になり、また、板12として透明でない材質、たとえば金属を用いたとしても正確にチップ1の先端に一定のサイズの光学的開口を作製することができる。

(実施の形態4)

図12は本発明の実施の形態4に係る光学的な開口の作製方法で使われる押し込み板付きシート14を示す。シート14はポリエチレンから成る薄いシート15にガラスから成る板16が接着されている。板16の大きさは本実施の形態においては2mm角の正方形であるが、数百μmから数cmまでの適当なサイズで

あればよい。実施の形態 1 との違いは板 6 の代わりに押し込み板付きシート 1 4 を用いる点である。この押し込み板付きシートを、チップ 1 が形成されたウェハ（図示略）の上に載せ、押し込み用具（図示略）を用いてチップ 1 の先端に光学的な開口を作製する。ウェハは図 1 に示すようにシリコン基板に二酸化ケイ素などを積層しているために、完全な平面にはならず反りを持つ。本実施の形態においては柔らかい構造を持つシートに板を接着しているものを用いるため、ウェハの反りに沿った形で押し込み板 1 6 が配置でき、ウェハのどの場所においても同一の力でチップ先端に圧力がかかる。これにより極めて均一なサイズの光学的な開口が安定的に作製できる。

（実施の形態 5）

図 1 3 は本発明の実施の形態 5 に係る光学的な開口の作製方法において、チップ 1 上の遮光膜 3 を塑性変形させている状態を示した図である。実施の形態 1 との違いは、板 6 に突起 2 1 が形成されている点であり、その他については同一であるので説明を省略する。突起 2 1 は数十 nm から数十 μ m までの適当なサイズにして形成される。このようにすることで、隣り合うストッパー 2 の距離が短い場合でも突起 2 1 によってチップ 1 先端に塑性変形を起こすことができる。これによって一枚のウェハから、より多数のチップを集積して形成することができる。また、シリコンのエッチングなどの別の方法によってチップとストッパーを形成し、高さに μ m オーダーの大きな差がある場合でも、突起 2 1 の高さを調整することにより、安定した光学的な開口の作製が可能である。

【 0 0 4 4 】

【効果】

チップ 1 とストッパー 2 の高さ、および、力 F を制御する事によって、分解能の高いアクチュエータを用いなくても、簡単に開口 8 を形成する事ができる。また、チップ 1 とストッパー 2 の高さが良好に制御されるため、開口 8 の作製歩留まりが向上した。また、本発明の実施の形態 1 で説明したワーク 1 0 0 0 は、フォトリソグラフィ工程によって作製可能なため、ウェハなどの大きな面積を有する試料に、複数個作製することが可能であり、力 F を一定にすることによって複数個作製されたワーク 1 0 0 0 それぞれに対して均一な開口径の開口 8 を形成

する事ができる。また、力Fの大きさを変えることが非常に簡単なため、複数個作製されたワーク1000に対して個別に開口径の異なる開口8を形成する事が可能である。また、単純に力Fを加えるだけで開口が形成されるため、開口作製にかかる時間は数10秒以下と非常に短い。また、本発明の実施の形態1によれば、加工雰囲気問わない。従って、大気中で加工する事が可能でありすぐに光学顕微鏡などで加工状態を観察できる。また、走査型電子顕微鏡中で加工することによって、光学顕微鏡よりも高い分解能で加工状態を観察することも可能である。また、液体中で加工することによって、液体がダンパーの役目をするため、より制御性の向上した加工条件が得られる。

また、ワーク1000が複数個作製された試料に対して、一括で力Fを加えることによって、開口径のそろった開口8を一度に複数個作製する事も可能である。一括で加工する場合、ウェハー一枚あたりのワーク1000の数にもよるが、開口1個あたりの加工時間は、数百ミリ秒以下と非常に短くなる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施の形態1に係る開口の形成方法について説明した図である。

【図2】

本発明の実施の形態1に係る開口の形成方法について説明した図である。

【図3】

本発明の実施の形態1に係る開口の形成方法について説明した図である。

【図4】

ワーク1000の製造方法について説明した図である。

【図5】

ワーク1000の製造方法について説明した図である。

【図6】

ワーク1000の製造方法について説明した図である。

【図7】

ワーク1000の作製方法におけるチップ1とストッパー2の高さの関係を説明する図である。

【図 8】

ワーク 1 0 0 0 の作製方法におけるチップ 1 とストッパー 2 の高さの関係を説明する図である。

【図 9】

本発明の実施の形態 1 に係るチップ先端形状を説明した図である。

【図 1 0】

本発明の実施の形態 3 で用いる、多数のチップとストッパーが形成されたウェハの一部の上面図である。

【図 1 1】

本発明の実施の形態で用いる、板の図である。

【図 1 2】

本発明の実施の形態 4 に係る光学的な開口の作製方法で使われる押し込み板付きシート 1 4 を示す図である。

【図 1 3】

本発明の実施の形態 5 に係る開口の形成方法について説明した図である。

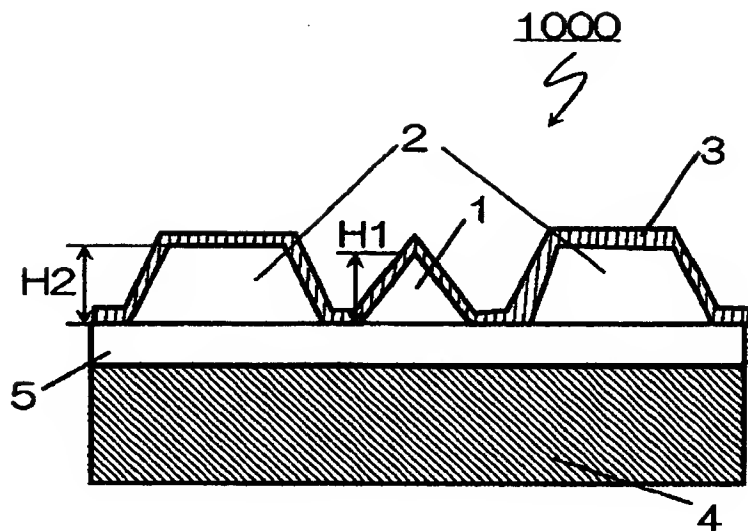
【符号の説明】

- 1 チップ
- 2 ストッパー
- 3 遮光膜
- 4 基板
- 5 透明層
- 6 板
- 7 押し込み用具
- 8 開口
- 1 1 チップ突出部
- 1 2 板
- 1 3 位置決め線
- 1 4 押し込み板付きシート
- 1 5 ポリエチレンシート

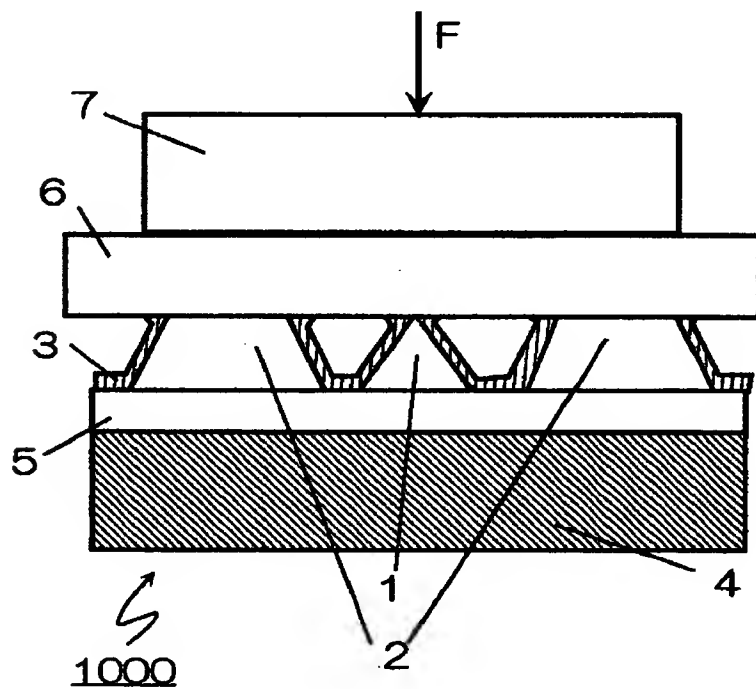
- 1 6 ガラス板
- 2 1 突起
- 1 0 1 チップ用マスク
- 1 0 2 ストッパー用マスク
- 1 0 3 透明材料
- 1 0 4 基板材料
- 1 0 0 0 ワーク
 - F 力
 - H 1 チップの高さ
 - H 2 ストッパーの高さ

【書類名】 図面

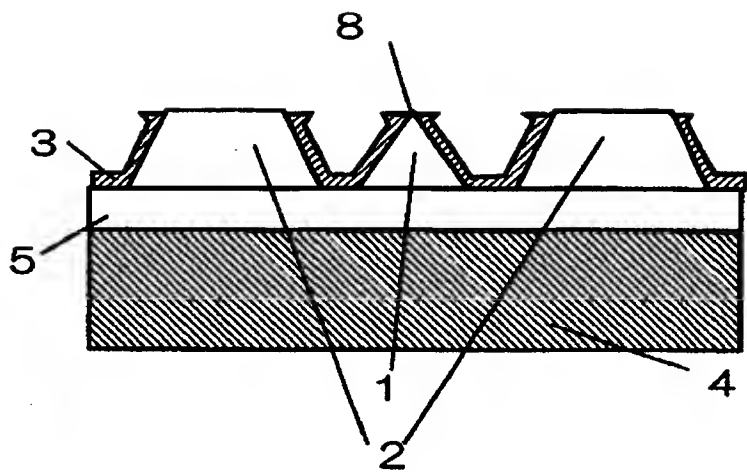
【図 1】



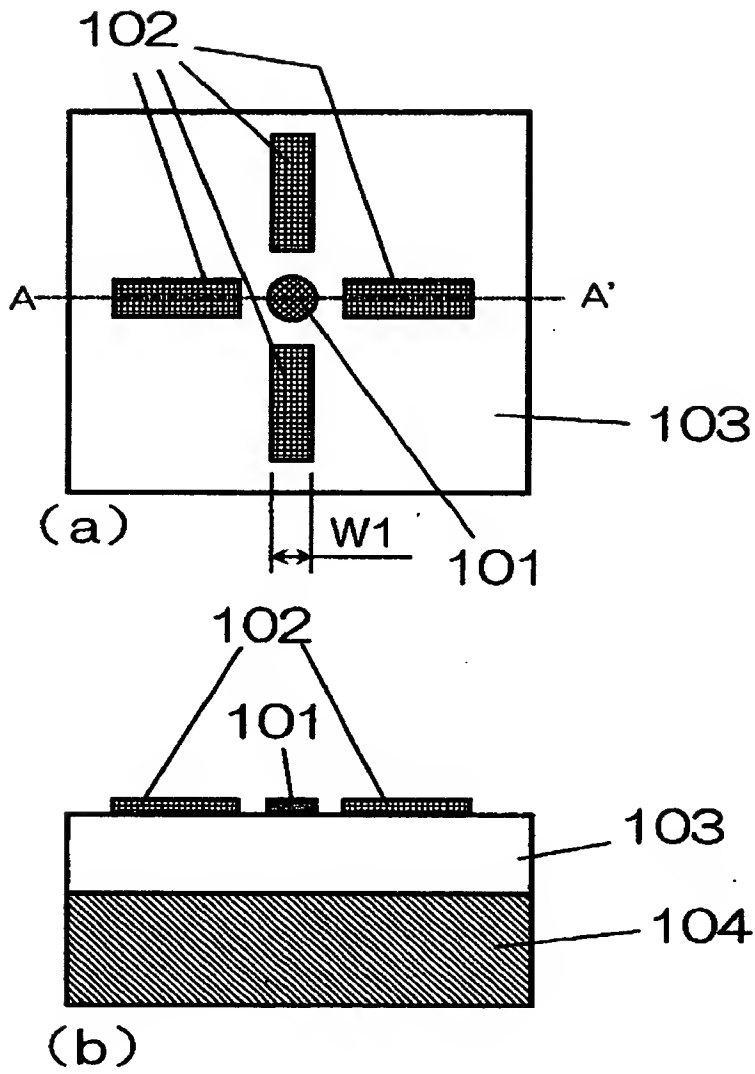
【図 2】



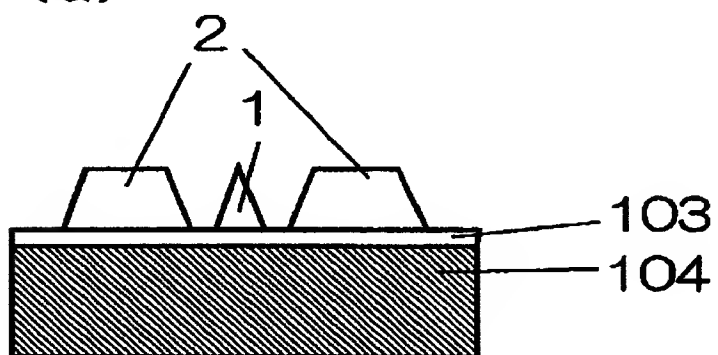
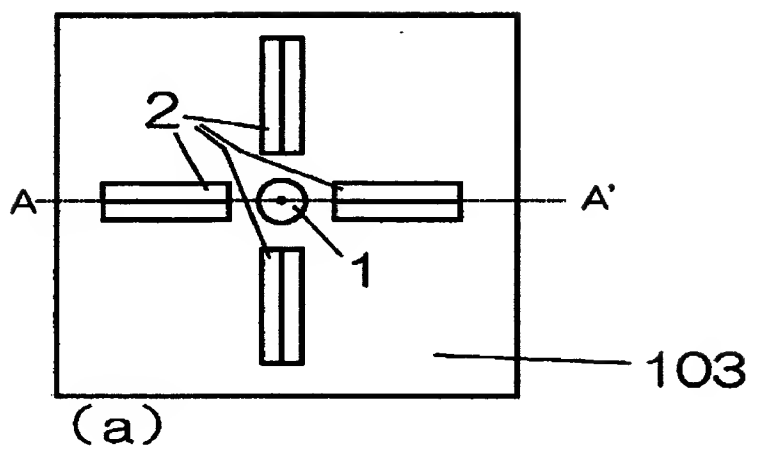
【図3】



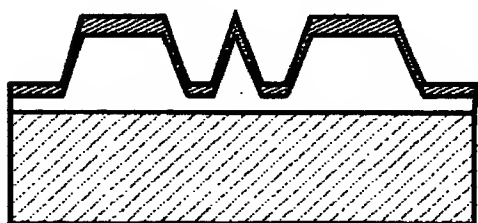
【図4】



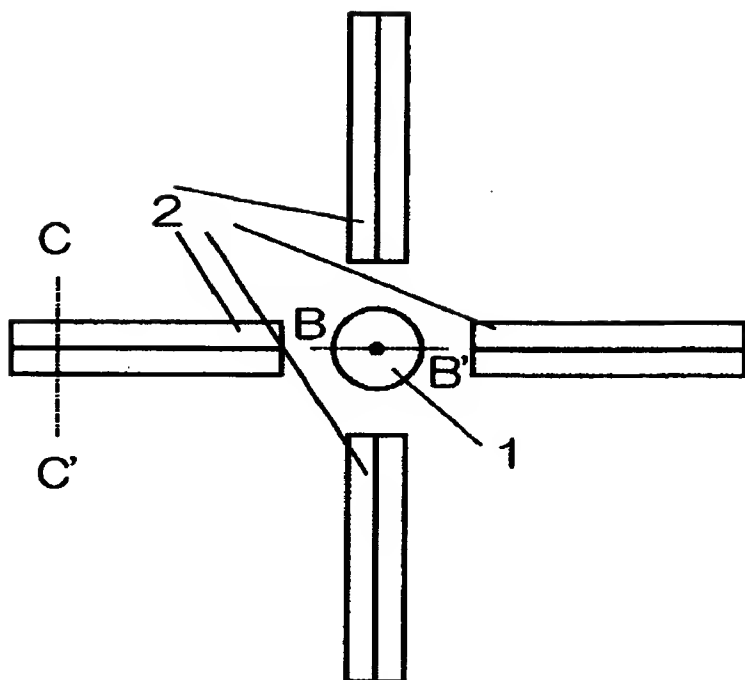
【図5】



【図6】

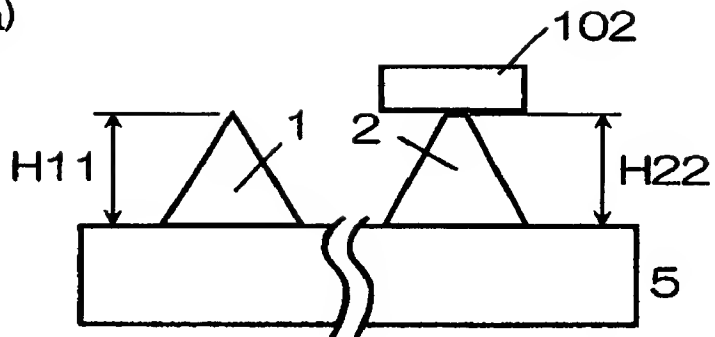


【図 7】

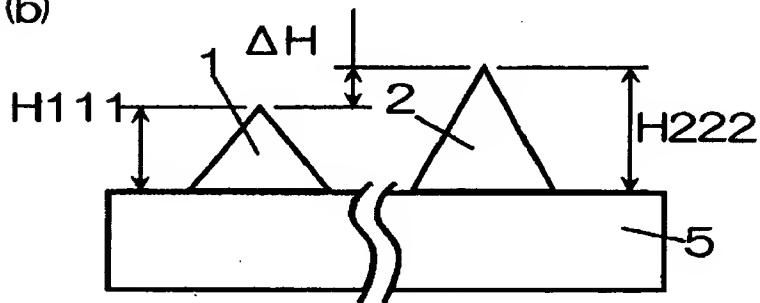


【図 8】

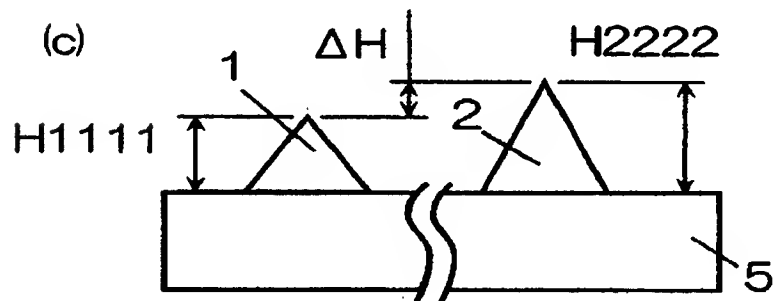
(a)



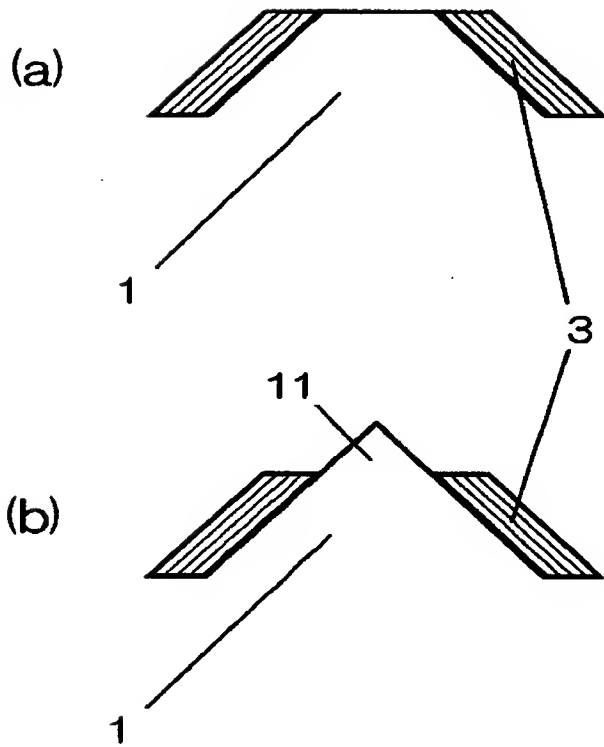
(b)



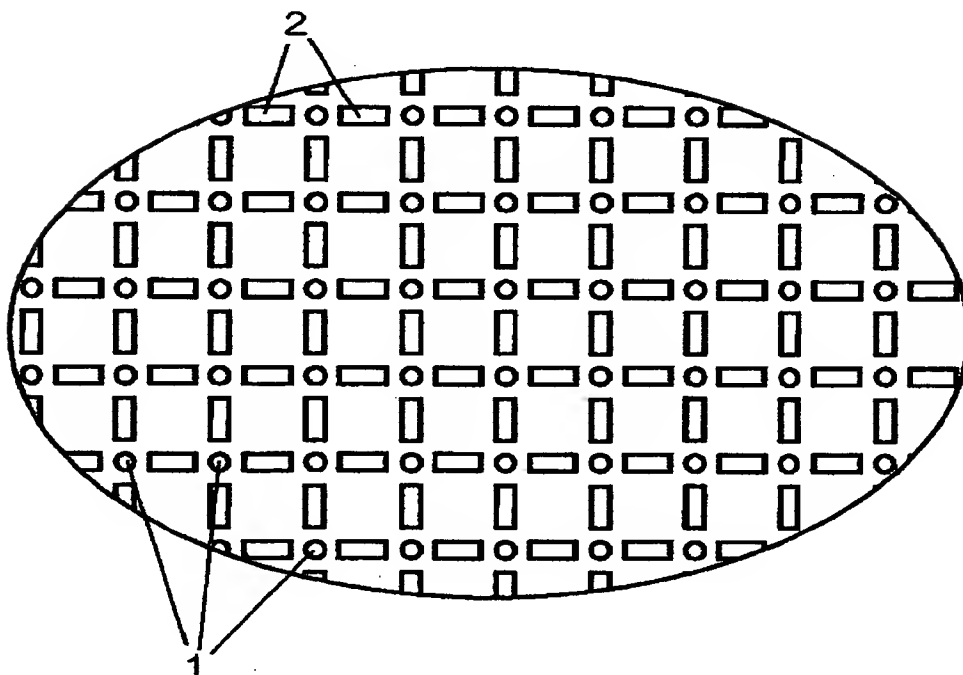
(c)



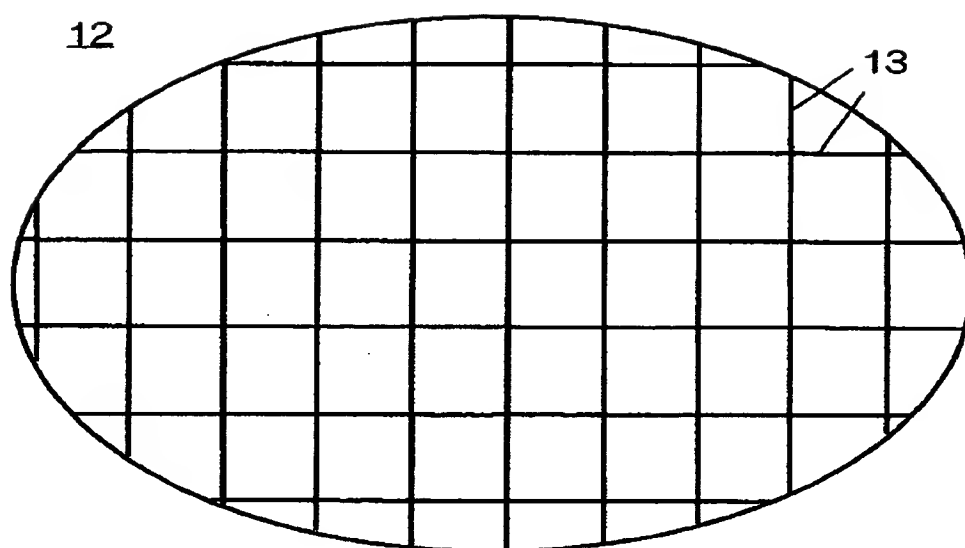
【図9】



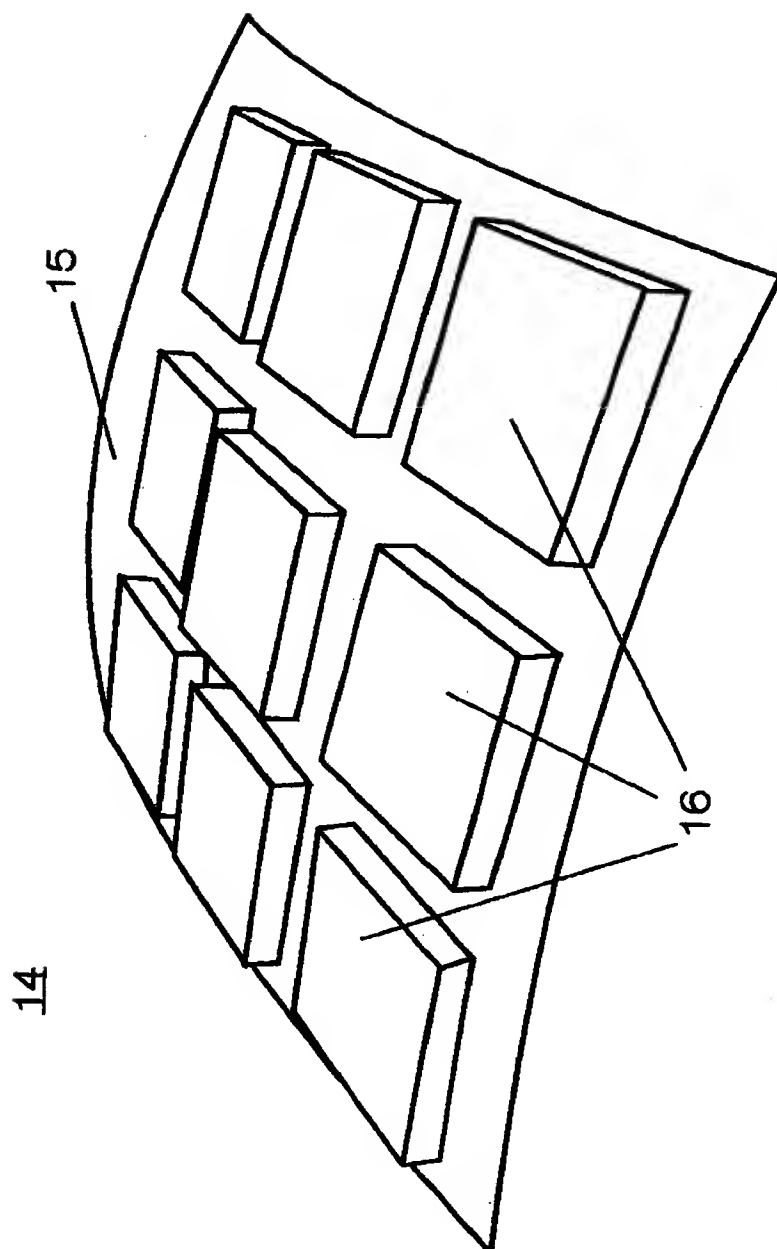
【図10】



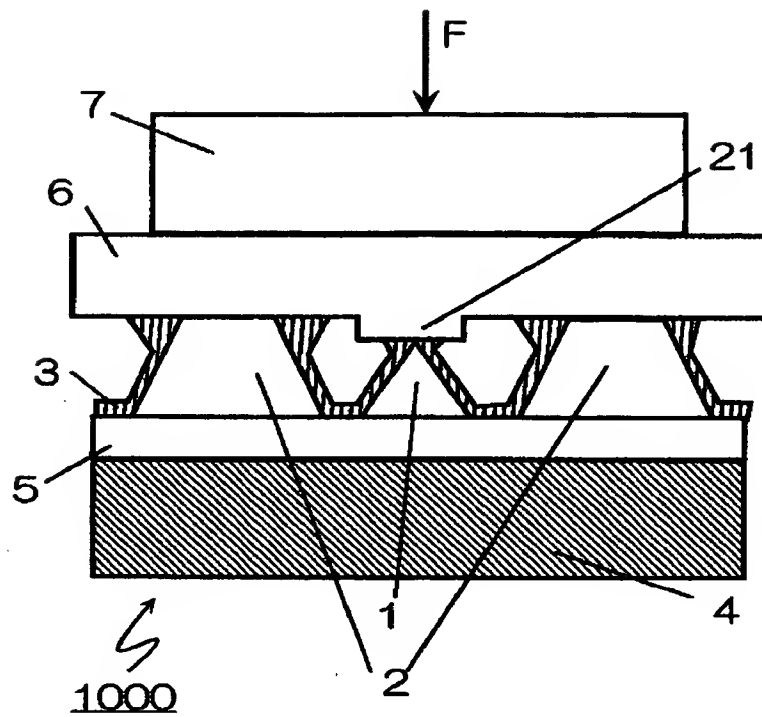
【図11】



【図 12】



【図13】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明の課題は、簡便な方法で均一な開口径を有する微小開口を形成する方法を提供することである。

【解決手段】 錐状のチップ 1 の先端に光学的な開口を形成する光学的な開口の作製方法において、チップ 1 と、チップ 1 の近傍に配置され、チップ 1 と略同じ高さを有するストッパー 2 と、チップ 1 上に形成された遮光膜からなる被開口形成体に対して、チップ 1 およびストッパー 2 を覆い、遮光膜 3 の材質よりも硬い材質から成る押し込み体 6 を、チップ 1 に向かう成分を有する力 F によって変位させることによって、チップ 1 の先端に光学的な開口を形成する。

【選択図】 図 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002325]

1. 変更年月日	1995年 4月20日
[変更理由]	名称変更
住 所	千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地
氏 名	セイコーインスツルメンツ株式会社